

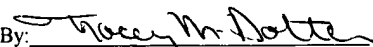


PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: TALVITIE et al. Examiner: unassigned
Serial No.: 10/692,408 Group Art Unit: 2821
Filed: October 23, 2003 Docket No.: KOLS.057PA
Title: RADIO DEVICE AND ANTENNA STRUCTURE

CERTIFICATE UNDER 37 CFR 1.8: The undersigned hereby certifies that this Transmittal Letter and the papers, as described hereinabove, are being deposited in the United States Postal Service, as first class mail, in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450, on February 4, 2004.

By: 
Tracey M. Dotter

SUBMISSION OF PRIORITY APPLICATION UNDER 35 U.S.C. § 119(b)(3)
and 37 C.F.R. § 1.55(a)(2)

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

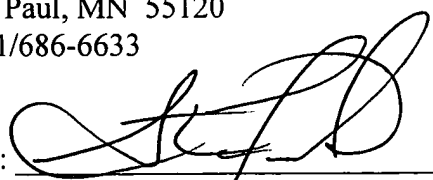
In accordance with 35 U.S.C. §119(b)(3) and 37 C.F.R. §1.55(a)(2), the Applicant hereby submits a certified copy of the foreign application, Finnish Application No. 20021897, filed on 24 October 2002, to which the instant application claims priority.

If there are any questions regarding this communication, please contact the undersigned attorney of record.

Respectfully submitted,

Crawford Maunu PLLC
1270 Northland Drive
Suite 390
St. Paul, MN 55120
651/686-6633

Dated: February 3, 2004

By: 
Steven R. Funk
Reg. No.: 37,830

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
NATIONAL BOARD OF PATENTS AND REGISTRATION

Helsinki 23.9.2003

E T U O I K E U S T O D I S T U S
P R I O R I T Y D O C U M E N THakija
ApplicantNokia Corporation
HelsinkiPatenttihakemus nro
Patent application no

20021897

Tekemispäivä
Filing date

24.10.2002

Kansainvälinen luokka
International class

H01Q

Keksinnön nimitys
Title of invention**"Radiolaite ja antennirakenne"**

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.


Pirjo Kaila
TutkimussihteeriMaksu 50 €
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1027/2001 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite:	Arkadiankatu 6 A	Puhelin:	09 6939 500	Telefax:	09 6939 5328
	P.O.Box 1160	Telephone:	+ 358 9 6939 500	Telefax:	+ 358 9 6939 5328
	FIN-00101 Helsinki, FINLAND				

Radiolaite ja antennirakennus

Keksinnön ala

Keksintö liittyy antennirakenteisiin ja erityisesti radiolaitteissa, kuten matkaviestimissä, käytettäviin sisäisiin antenneihin.

5 Keksinnön tausta

Langattoman viestinnän yleistyessä tarvitaan erilaisten langattomien järjestelmien käyttöön yhä uusia taajuusalueita. Samalla myös sellaisten langattomien päätelaitteiden, kuten matkaviestimien, jotka tukevat useita langattomia järjestelmiä, kysyntä kasvaa. Uusimmissa matkaviestinmalleissa on käytössä tyypillisesti useampia seuraavista järjestelmistä ja taajuusalueista: EGSM 900 (880-960MHz), GSM 1800 (1710-1880MHz), GSM 1900 (1850-1990MHz), WCDMA 2000 (1920-2170MHz), US-GSM 850 (824-894MHz), US-WCDMA 1900 (1850-1990MHz) ja US-WCDMA 1700/2100 (Tx 1710-1770 MHz, Rx 2110-2170 MHz). Tällöin esimerkiksi GSM 1900 ja jotkut WCDMA-taajuusalueet menevät ainakin osittain päällekkäin.

Pienikokoisissa radiolaitteissa, kuten matkaviestimissä, on usein pyritty toteuttamaan kaikkien järjestelmien ja taajuusalueiden lähetys ja vastaanotto yhdellä antennilla. Pienissä radiolaitteissa on käytettävissä vähän tilaa, jolloin ainoastaan yhden antennin käyttö saattaa monissa tilanteissa olla perusteltavissa. Tällöin eri taajuusalueet täytyy kuitenkin yhdistää häviöllisellä kytkimellä yhteiseen antenniin. Erityisesti ongelma korostuu WCDMA-järjestelmien yhteydessä, jossa saman antennin käyttäminen lähetykseen ja vastaanottoon edellyttää ns. dupleksisuodattimen käyttöä, koska lähetys ja vastaanotto tapahtuu samanaikaisesti. Esimerkiksi US-WCDMA 1900:ssa lähetysten ja vastaanoton välisten taajuuksien ns. dupleksiväli on hyvin pieni, jolloin tiukkojen suodatusvaatimusten takia on käytettävä mahdollisimman pienihäviöistä dupleksisuodatinta, esimerkiksi keraamiduplekseria. Tällainen dupleksisuodatin on huomattavan isokokoinen, minkä lisäksi sen edullinen asennuspaikka on tyypillisesti antennin alla, jolloin antennin käytettävissä oleva tila jää pieneksi ja antennin säteilyhyötysuhde heikkenee.

Tällöin olisi edullisempaa sekä matkaviestimen koon että häviöiden minimoimisen kannalta käyttää antennirakennetta, joka käsittää kaksi antennia, ja erottaa esimerkiksi WCDMA-järjestelmän lähetys ja vastaanotto eri antenneihin. Näin päästäisiin eroon suurikokoisesta, häviöitä aiheuttavasta

dupleksisuodattimesta, joka voitaisiin tällöin korvata yksinkertaisemmilla kaistanpäästösuodattimilla.

Tällaisessa ratkaisussa ongelmaksi muodostuvat yllä mainitut päällekkäin menevät taajuusalueet, joilla tapahtuu samanaikaista lähetystä ja vastaanottoa. Samaan antennirakenteeseen muodostetut kaksi antennia, tarkemmin sanottuna kaksi säteilijää, jotka toimivat ainakin osittain samalla taajuusalueella, kytkeytyvät käytettäessä voimakkaasti toisiinsa. Tämä tarkoittaa sitä, että syötettäessä tehoa ensimmäiseen säteilijään, osa tästä tehosta siirtyy toiseen säteilijään, mikä heikentää molempien säteilijöiden säteilytehoa ja aiheuttaa ylimääräistä matkaviestimen tehonkulutusta. Toisin sanoen, kahden antennin eli säteilijän välinen isolaatio on riittämätön, tyypillisesti luokkaa alle 10 dB.

Hakijan aikaisemmassa patenttihakemuksessa EP 1202386 on kuvattu radiolaitteen tasomainen antennirakenne, jossa tasomainen säteilijä käsittää ainakin yhden sähköä johtamattoman uran, jonka avulla tasomainen säteilijä jaetaan ainakin kahteen osaan, joiden muodostamat taajuusalueet poikkeavat edullisesti toisistaan. Tällainen antennirakenne on edullinen esimerkiksi monitaajuusmatkaviestimissä, mutta sitä ei voida käyttää häviöttömästi samalla taajuusalueella tapahtuvaan samanaikaiseen lähetykseen ja vastaanottoon eikä pelkästään sen avulla voida ratkaista yllä mainittua isolaatio-ongelmaa.

Keksinnön lyhyt selostus

Keksinnön tavoitteena on siten kehittää antennirakenne, jolla yllä mainitut ongelmat saadaan ratkaistua. Keksinnön tavoite saavutetaan antennirakenteella ja radiolaitteella, joille on tunnusomaista se, mitä sanotaan itsenäisissä patenttivaatimuksissa.

Keksinnön edulliset suoritusmuodot ovat epäitsenäisten patenttivaatimusten kohteena.

Keksintö perustuu siihen yllättävään havaintoon, että käytettäessä antennirakennetta, joka käsittää kaksi ainakin osittain samalle taajuusalueelle sovitettua säteilijää, joista ainakin toinen on yllä mainittu usealle taajuusalueelle sovitettu uratasoantenni, muodostuu säteilijöiden välille huomattava isolaatio. Tällainen antennirakenne käsittää siten ainakin yhden maatasen, ainakin ensimmäisen ja toisen säteilijän, jotka säteilijät sijaitsevat etäisyyden päässä maatasosta ja jotka molemmat säteilijät on sovitettu muodostamaan ainakin yhden resonanssitaajuuden ainakin yhden

taajuuskaistan muodostamiseksi, ja eristekerroksen mainitun maatasen ja mainittujen säteilijöiden välissä.

Tämän lisäksi antennirakenne käsittää erilliset syöttöpisteet mainituille ainakin kahdelle säteilijälle, jotka säteilijät on maadoitettu maapisteellä ainakin johonkin maatasoon, ja ainakin ensimmäinen mainituista säteilijöistä on uratasoantenni, joka on sovitettu muodostamaan ainakin kaksi taajuuskaistaa, edullisesti ainakin yhden alemman taajuuskaistan ja ainakin yhden ylemmän taajuuskaistan, joista ainakin yksi taajuuskaista on ainakin osittain päällekkäinen mainitun toisen säteilijän muodostaman ainakin yhden taajuuskaistan kanssa. Tällaisen uratasoantennin käyttäminen yllä kuvatussa antennirakenteessa aiheuttaa mainittujen säteilijöiden välille erittäin suuren isolaation siten, että mainittujen säteilijöiden kytkeytyminen toisiinsa ainakin mainitulla osittain päällekkäisellä taajuusalueella vältetään olennaisesti.

Mittaustulosten mukaisesti säteilijöiden välinen isolaatio ainakin mainitulla osittain päällekkäisellä taajuusalueella on olennaisesti enemmän kuin 10 dB, edullisesti yli 20 dB.

Keksinnön erään suoritusmuodon mukainen radiolaitte käsittää yllä kuvatussa antennirakenteen radiotaajuisen signaalin välittämiseksi, jolloin radiolaitteessa ainakin mainitulla osittain päällekkäisellä taajuusalueella tapahtuva radiotaajuisen signaalien samanaikainen lähetys ja vastaanotto on eriytetty mainittuihin ensimmäiseen ja toiseen säteilijään.

Edelleen yllä kuvatussa antennirakenteessa mainittujen säteilijöiden väliset polarisaatiot ovat olennaisesti ortogonaalisia siten, että mainittujen säteilijöiden välinen diversiteettisuhde ainakin mainitulla osittain päällekkäisellä taajuusalueella on olennaisesti lähes nolla. Tällöin voidaan keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaisesti hyödyntää yllä kuvattua antennirakennetta diversiteettivastaanoton toteuttamiseen radiolaitteessa, joka käsittää yllä kuvatussa antennirakenteen radiotaajuisen signaalin välittämiseksi, jolloin ainakin mainitulla osittain päällekkäisellä taajuusalueella tapahtuva radiotaajuisen signaalien samanaikainen vastaanotto on sovitettu suoritettavaksi diversiteettivastaanottona ensimmäisen ja toisen säteilijän avulla.

Keksinnöllä saavutetaan huomattavia etuja. Keksinnön mukaisen antennirakenteen etuna on, että säteilijöiden välinen isolaatio on erittäin suuri, jolloin tehohäviötä säteilijästä toiseen ei tapahdu juuri lainkaan. Kuitenkin säteilijöiden säteilyteho on päällekkäiselläkin taajuusalueella erittäin hyvä.

Keksinnön mukaista antennirakennetta hyödyntävässä radiolaitteessa saavutetaan se etu, että päällekkäisellä taajuusalueella tapahtuva radiotaajuisten signaalien samanaikainen lähetys ja vastaanotto voidaan eriyttää eri säteilijöihin, mikä mahdollistaa pienemmän rakenteen ja vähäisemmän tehonkulutuksen. Toisaalta keksinnön mukaisen antennirakenteen eräänä etuna on, että koska säteilijöiden välinen diversiteettisuhde ainakin osittain päällekkäisellä taajuusalueella on erittäin pieni, voidaan antennirakenteen avulla edullisesti toteuttaa diversiteettivastaanotto. Keksinnön erään edullisen suoritusmuodon etuna on, että erityisesti WCDMA-järjestelmää tukevan radiolaitteen duplexisuodatin voidaan korvata toteutukseltaan yksinkertaisemmalla ja pienempihäviöisellä ratkaisulla.

Kuvioiden lyhyt selostus

Keksintöä selostetaan nyt lähemmin edullisten suoritusmuotojen yhteydessä, viitaten oheisiin piirroksiin, joista:

kuvio 1 esittää keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaista antennirakennetta;

kuvio 2 esittää keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaista lähetyksen ja vastaanoton etupään lohkokaaaviota;

kuviot 3a ja 3b esittävät kuvion 2 mukaiseen järjestelyyn sovitettuna kuvion 1 mukaisen antennirakenteen säteilijöiden taajuusominaisuuksia;

kuvio 4 esittää kuvion 1 mukaisen antennirakenteen simuloitua virtajakaumaa;

kuviot 5a ja 5b esittävät keksinnön eräiden edullisten suoritusmuotojen mukaisia lähetyksen ja vastaanoton etupään lohkokaavioita; ja

kuvio 6 esittää keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaista diversiteettivastaanottojärjestelyä.

Keksinnön yksityiskohtainen selostus

Viitaten kuvioon 1 selostetaan seuraavassa keksinnön erästä edullista suoritusmuotoa. Kuviossa 1 esitetään tasomainen, ns. PIFA-antennirakenne 100 (Planar Inverted F Antenna), joka käsittää maatasen 110, ensimmäisen säteilijän 120 ja toisen säteilijän 130. Säteilijät 120, 130 sijaitsevat etäisyyden päässä maatasosta 110 siten, että maatasen 110 ja säteilijöiden 120, 130 välissä on eristysmateriaalina ilmaa tai jotain muuta

dielektristä ainetta. Ensimmäinen säteilijä 120 on ns. uratasoantenni, joka on yhdistetty maatasoon 110 maapisteellä 122 ja johon syötetään säteilytehoa syöttöpisteestä 124. Maadoituslinjan muodostava maapiste 122 sijaitsee olennaisesti säteilijän 120 reunassa. Syöttöpiste 124 voidaan toteuttaa
 5 koaksiaalisyöttönä esimerkiksi läpivientinä maatasosta siten, että se sijaitsee olennaisen etäisyyden päässä säteilijän reunasta. Vastaavasti syöttöpiste 124 voidaan toteuttaa maapisteen tapaan säteilijän 120 reunaan sijoitettuna.

Tasomaiseen säteilijään 120 on muodostettu ensimmäinen ura 126 ja toinen ura 128, jotka urat ovat osuuksia, joissa ei ole sähköä johtavaa
 10 materiaalia. Tällainen uratasoantennirakenne sopii käytettäväksi useammalla kuin yhdellä taajuusalueella. Ensimmäinen ura 126 on muodostettu siten, että sen avoin pää sijoittuu säteilijän 120 reunaan 120a maapisteen 122 ja syöttöpisteeseen 124 väliin. Toinen ura 128 on muodostettu siten, että sen avoin pää sijoittuu säteilijän reunaan 120a syöttöpisteeseen 124 ja reunan 120b väliin.
 15 Toisen uran 128 tarkoituksena on tuottaa alempi taajuusalue erottamalla säteilijästä oikeanpuolimmainen haara, kun taas maapisteen 122 ja syöttöpisteeseen 124 väliin sijoittuva ensimmäinen ura 126 jakaa säteilijän 120 vielä kahteen eri haaraan, maapisteen puoleiseen elementtiin ja syöttöpisteeseen puoleiseen elementtiin, joiden tehtävänä on tuottaa ylemmät taajuusalueet.
 20 Jotta uratasoantenni toimii halutulla tavalla, ensimmäinen ura 126 sijoitetaan säteilijään maapisteen 122 ja syöttöpisteeseen 124 väliin siten, että maapisteen 122 ja syöttöpisteeseen 124 väliin muodostettava jana leikkaa ensimmäisen uran 126, jolloin pienempi osuus urasta 126 muodostuu mainitun janan uran 126 avoimen pää, siis reunan 120a puolelle. Ensimmäisen uran 126 mainitun
 25 pienemmän osuuden osuus koko uran 126 pinta-alasta on tyypillisesti luokkaa maksimissaan muutamia prosentteja.

Uratasoantennin ominaisuuksia voidaan suunnitella halutuiksi muuttamalla säteilijän 120 mittasuhteita, esimerkiksi urien muotoa, pituutta ja
 30 leveyttä muuttamalla ja/tai syöttö- tai maapisteen sijaintia muuttamalla, jotka muutokset vaikuttavat aina säteilijän muodostamaan säteilytehoon sekä resonanssitaajuuksiin. Nyt esillä olevan keksinnön suhteen on kuitenkin olennaista, että uratasoantenni on sovitettu säteilemään ainakin yhdellä alemmalla taajuusalueella sekä yhdellä tai useammalla ylemmällä taajuusalueella. Tämän hakemuksen yhteydessä tarkastellaan alempina
 35 taajuusalueina olennaisesti hiukan alle 1 GHz taajuuksia (noin 800 – 1000 MHz) ja ylempinä taajuusalueina olennaisesti 2 GHz taajuuksia (noin 1700 –

2200 MHz), jotka taajuusalueet ovat yleisesti erilaisten matkaviestinjärjestelmien käytössä. Keksinnön mukaista antennirakennetta ei kuitenkaan ole rajoitettu vain näihin taajuuksiin, vaan sitä voidaan soveltaa myös muilla, erityisesti olennaisesti yli 2 GHz:n taajuuksilla. Uratasoantennin toteutukseen ja erilaisiin suoritusmuotoihin liittyviä seikkoja on tarkasteltu lähemmin patenttihakemuksessa EP 1202386.

Toinen säteilijä 130 on kapea, tasomainen säteilijä, jonka pinta-ala on tässä suoritusmuodossa olennaisesti pienempi kuin ensimmäisen säteilijän 120. Toinen säteilijä 130 käsittää myös maapisteen 132, joka yhdistää säteilijän 130 maatasoon 110, ja säteilytehoa syöttävän syöttöpisteen 134. Maadoituslinjan muodostava maapiste 132 sijaitsee olennaisesti säteilijän 130 reunassa. Syöttöpiste 134 voidaan toteuttaa koaksiaalisyöttönä esimerkiksi läpivientinä maatasosta siten, että se sijaitsee olennaisen etäisyyden päässä säteilijän reunasta. Vastaavasti syöttöpiste 134 voidaan toteuttaa maapisteen tapaan säteilijän 130 reunaan sijoitettuna. Toinen säteilijä on sovitettu säteilemään taajuusalueella, joka on ainakin osittain päällekkäinen ensimmäisen säteilijän ainakin yhden taajuusalueen, edullisesti jonkin ylemmän taajuusalueen kanssa. Keksinnön toiminnan kannalta toisen säteilijän 130 muoto tai sijainti ensimmäiseen säteilijään 120 nähden ei ole olennaista, vaan ainoastaan se, että molemmilla säteilijöillä on oma syöttöpiste ja edullisesti, mutta ei välttämättä yhteinen maataso.

Kuvion 1 mukainen antennirakenne voidaan edullisesti sovittaa toimimaan monitaajuusmatkaviestimen antennirakenteena. Eräänä esimerkkinä monitaajuusmatkaviestimestä voidaan käyttää matkaviestintä, joka on järjestetty tukemaan EGSM 900 (880-960MHz), GSM 1900 (1850-1990MHz) ja WCDMA 2000 (1920-2170MHz) järjestelmiä ja taajuusalueita. Tällöin GSM 1900:n ja WCDMA 2000:n taajuusalueet menevät osittain päällekkäin. Vastaavanlainen tilanne toistuu matkaviestimessä, jossa käytetään US-WCDMA 1900 (1850-1990 MHz) ja GSM 1900 (1850-1990MHz) taajuusalueita tai US-WCDMA 1700/2100 (Tx 1710-1770 MHz, Rx 2110-2170 MHz) ja GSM 1800 (1710-1880MHz) järjestelmiä. Kuten yllä on selostettu, tällaisessa matkaviestimessä on edullista sekä matkaviestimen koon että häviöiden minimoimisen kannalta käyttää antennirakennetta, joka käsittää kaksi antennia, ja erottaa WCDMA-järjestelmän lähetys ja vastaanotto eri antenneihin. Näin vältetään suurikokoisen, häviöitä aiheuttavan dupleksisuodattimen käyttö, joka voidaan korvata kahdella

yksinkertaisemmalla, pienihäviöisellä suodattimella, jotka voivat tilanteesta riippuen olla alipäästö-, ylipäästö- tai kaistanpäästösuodattimia.

Tällöin voidaan käyttää esimerkiksi kuvion 2 mukaista antennikytkentää. Kuvion 2 mukaisessa lohkokaaviossa antenni A1 vastaa kuvion 1 ensimmäistä säteilijää 120 ja vastaavasti antenni A2 vastaa kuvion 1 toista säteilijää 130. Antenni A1 on kytkimen S kautta järjestetty vastaanottamaan (RX) kaikkien edellä mainittujen järjestelmien mukaista tiedonsiirtoa. Lisäksi antenni A1 on kytkimen S kautta järjestetty lähettämään (TX) molemmilla GSM-taajuuksilla, EGSM 900 ja GSM 1900, vahvistinlohkon Amp1 vahvistamia signaaleja. Kun matkaviestin käyttää jompaa kumpaa GSM-taajuusalueetta, ohjataan kytkimellä S aikajakoisesti tapahtuvaa lähetyksen ja vastaanoton vaihtumista kyseisellä taajuusalueella. Jos taas käytössä on WCDMA 2000-järjestelmä, on kytkin S kaiken aikaa suljettuna ja vastaanottosignaali suodatetaan oikealle taajuuskaistalle kaistanpäästösuodattimella BPF1. Antenni A2 on järjestetty ainoastaan lähettämään vahvistimen Amp2 ja kaistanpäästösuodattimen BPF2 kautta syötettävää WCDMA 2000 signaalia. Täten WCDMA 2000-järjestelmän lähetys ja vastaanotto on erotettu eri antenneihin.

Kuten yllä on todettu, uratasoantennin ominaisuuksia voidaan suunnitella halutuiksi muuttamalla säteilijän mittasuhteita, jotka muutokset vaikuttavat aina säteilijän muodostamaan säteilytehoon sekä resonanssitaajuuksiin. Jos kuvion 1 mukainen antennirakenne sovitetaan kuvion 2 mukaiseen kytkentään siten, että pyritään optimoimaan antennien säteilyominaisuudet käytössä oleviin taajuuskaistoihin, saadaan kuvion 3a mukaiset sovitukset sekä kuvion 3b mukaiset säteilyhyötysuhteet säteilijöille 120 ja 130. Säteilyhyötysuhteella tarkoitetaan säteilijän hyötysuhdetta, jossa on huomioitu säteilijän sovitus.

Kuviossa 3a ensimmäisen säteilijän 120 sovitusta kuvataan käyrällä S11 ja toisen säteilijän 130 sovitusta kuvataan käyrällä S22. Kuten kuviosta 3a nähdään, on ensimmäisen säteilijän 120 ensimmäinen sovitus (alempi taajuusalue) olennaisesti 900 – 1000 MHz välisellä taajuusalueella, piikin osuessa arvoon noin 930 MHz. Lisäksi ensimmäinen säteilijä 120 on sovitettu toisena sovituksena (ylempi taajuusalue) olennaisesti 1900 – 2020 MHz väliselle taajuusalueelle, piikin osuessa arvoon noin 1980 MHz. Toinen säteilijä 130 on sovitettu olennaisesti 1800 – 2100 MHz väliselle taajuusalueelle, piikin osuessa arvoon noin 1960 MHz. Kuviosta 3b nähdään, että ensimmäisen

säteilijän 120 taajuuskaistat 50 %:n hyötysuhteella (-3 dB) tarkasteltuna sijoittuvat alueille n. 880 – 980 MHz ja 1820 – 2030 MHz. Vastaavasti toisen säteilijän 130 taajuuskaista sijoittuu alueelle n. 1780 – 2120 MHz. Täten ensimmäisen säteilijän 120 toinen sovitusalue ja ylempi taajuuskaista on
 5 olennaisesti päällekkäinen toisen säteilijän 130 sovitusalueen ja taajuuskaistan kanssa.

Keksinnön mukaisen antennirakenteen kannalta erityisen olennainen seikka on kuitenkin säteilijöiden 120 ja 130 välinen isolaatio, jota kuvataan kuviossa 3a käyrällä S21. Tästä nähdään, että GSM 1900:n ja
 10 WCDMA 2000:n päällekkäin menevällä taajuusalueella 1920 – 1990 MHz sekä tämän taajuusalueen ympärillä säteilijöiden 120 ja 130 välinen isolaatio on olennaisesti enemmän kuin 20 dB. Toisin sanoen isolaatio on erittäin suuri, jolloin tehonsiirtymä eli häviö säteilijästä toiseen on minimaalinen. Tämä taas edullisesti pienentää tehonkulutusta ja lämpöhäviöitä sekä pidentää
 15 matkaviestimen puheaikaa.

Kuviossa 4 esitetään kuvion 1 mukaisen antennirakenteen simuloitu virtajakauma silloin, kun WCDMA-antenni (säteilijä 130) on aktiivinen taajuudella 2083 MHz. GSM/WCDMA-antenni (säteilijä 120) on passiivisena, jolloin se ei täten lähetä eikä vastaanota signaaleja. Aktiivisena olevan
 20 WCDMA-antennin (säteilijä 130) takia GSM/WCDMA-antennin (säteilijä 120) indusoituu virtaa ensimmäisen uran 126 suljetun pään ympärille. Virrat ovat kuitenkin vastakkaissuuntaiset (nuolet vastakkaisiin suuntiin), jolloin ne kumoavat toisensa. Tällöin säteilijään 120 ei etene tehoa säteilijästä 130 käytännössä juuri lainkaan ja säävytetään erittäin suuri isolaatio säteilijöiden
 25 120 ja 130 välille. Suuren isolaation muodostumisen kannalta toisen säteilijän 130 muoto tai sijainti ensimmäiseen säteilijään 120 nähden ei ole olennaista, vaan ainoastaan se, että molemmilla säteilijöillä on oma syöttöpiste ja että toinen säteilijä on sovitettu säteilemään taajuusalueella, joka on ainakin osittain päällekkäinen ensimmäisen säteilijän ainakin yhden ylemmän
 30 taajuusalueen kanssa.

Kuvion 4 mukainen virtajakauma havainnollistaa keksinnön perusajatusta: kun käytetään antennirakennetta, jossa samaan maatasoon on kytketty kaksi säteilijää, joilla molemmilla on oma syöttöpiste, jotka on sovitettu säteilemään ainakin osittain samalla taajuusalueella ja joista säteilijöistä
 35 ainakin toinen on uratasoantenni, muodostuu säteilijöiden välille olennaisen suuri isolaatio. Uratasoantennin toiminta-aluetta ja sovitusta voidaan säädellä

uratasoantennin eri dimensioita muokkaamalla, mitä on kuvattu esimerkiksi patenttihakemuksessa EP 1202386. Keksinnön toteutuksen kannalta on olennaista kuitenkin se, että uratasoantenni on sovitettu säteilemään ainakin kahdella taajuusalueella, joista yksi, edullisesti ylempi taajuusalue on ainakin osittain samalla taajuusalueella kuin toisen säteilijän taajuusalue. Näin muodostuvaa suurta isolaatiota säteilijöiden välillä pystytään puolestaan hyödyntämään esimerkiksi kuviossa 2 kuvatussa antennikytkennässä, jonka avulla puolestaan pystytään edullisesti yksinkertaistamaan matkaviestimen implementaatiota ja saavuttamaan tehosäästöjä.

Kuten yllä mainitusta keksinnön perusajatuksista käy ilmi, ei keksintö ole rajoitettu vain kuvion 1 mukaiseen antennirakenteeseen, vaan vastaavanlainen isolaatioilmiö muodostuu kaikkiin yllä mainitut reunaehdot täyttäviin antennirakenteisiin. Näin ollen antennirakenne voidaan toteuttaa esimerkiksi siten, että molemmat säteilijät ovat uratasoantenneja. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi muuten edellä kuvatun kaltaisena antennirakenteena, mutta jossa mainittu toinen säteilijä on korvattu uratasoantennilla. Sovittamalla molempien uratasoantennien rakenne sellaiseksi, että halutut taajuusalueet saavutetaan, voidaan osoittaa, että päällekkäin menevillä taajuusalueilla uratasoantennien väliseksi isolaatioksi saadaan olennaisesti enemmän kuin 20 dB, minkä ansiosta tehonsiirtymä eli häviö säteilijästä toiseen on minimaalinen.

Edellä kuvatuissa esimerkeissä keksinnön mukaista antennirakennetta on hyödynnetty siten, että GSM-taajuuksien sekä lähetys että vastaanotto ja WCDMA-vastaanotto on toteutettu yhdellä antennilla ja toisella antennilla on hoidettu pelkästään WCDMA-lähetys. Keksintöä ei kuitenkaan ole rajoitettu tällaiseen kytkentään, vaan useimpien suoritusmuotojen mukaisten antennikytkentöjen kannalta on olennaista vain se, että samanaikaisesti tapahtuva lähetys ja vastaanotto eriytetään eri antenneihin, jolloin edullisen antennirakenteen avulla saadaan riittävä isolaatio lähettävän ja vastaanottavan antennin välille.

Näin ollen antennikytkentänä voidaan käyttää esimerkiksi kuvion 5a mukaista suoritusmuotoa, jossa kytkentä on muuten sama verrattuna kuvion 2 kytkentään, mutta WCDMA-lähetys ja WCDMA-vastaanotto ovat vaihtaneet paikkaa. Myös tässä kytkennässä matkaviestimen käyttäessä jompaa kumpaa GSM-taajuusaluetta, ohjataan kytkimellä S aikajakoisesti tapahtuvaa lähetyksen ja vastaanoton vaihtumista kyseisellä taajuusalueella. Kun WCDMA

2000-järjestelmä on käytössä, on kytkin S kaiken aikaa suljettuna, jolloin lähetetään vahvistimen Amp2 vahvistamaa ja kaistanpäästösudattimen BPF2 kautta oikealle taajuuskaistalle suodatettua WCDMA 2000-signaalia. Antenni A2 on järjestetty ainoastaan vastaanottamaan kaistanpäästösudattimella
 5 BPF1 suodatettua vastaanottosignaalia. Myös tässä kytkennässä WCDMA 2000-järjestelmän lähetys ja vastaanotto on erotettu eri antenneihin.

Edelleen keksintöä ei ole rajoitettu antennikytkentöihin, joissa toinen antenni A2 toimii pelkästään WCDMA-lähetys- tai vastaanottoantennina, vaan esimerkiksi osa GSM-toiminnoista voidaan sovittaa toiselle antennille A2. Näin
 10 ollen antennikytkentänä voidaan käyttää esimerkiksi kuvion 5b mukaista suoritusmuotoa, jossa GSM 1900-järjestelmän toiminnot (lähetys ja vastaanotto) on siirretty toiseen antenniin A2 yhdessä WCDMA 2000-järjestelmän vastaanoton kanssa. Tällöin myös toisen antennin A2 yhteyteen tulee asettaa kytkin S, joka ohjaa käytettävän järjestelmän lähetystä ja
 15 vastaanottoa samalla tavoin kuin yllä on selostettu.

On myös mahdollista sovittaa kaikki GSM-toiminnallisuudet samaan antenniin A1 ja vastaavasti WCDMA-toiminnallisuudet (lähetys ja vastaanotto) dupleksisuodattimen avulla antenniin A2. Tällöin ei luonnollisesti saavuteta sitä etua, että vältetään dupleksisuodattimen käyttö, mutta antennien välinen suuri
 20 isolaatio pienentää antennien välisiä tehohäviöitä myös tällaisessa kytkennässä, mikä taas edullisesti pienentää matkaviestimen tehonkulutusta ja lämpöhäviöitä.

Edelleen erään suoritusmuodon mukaisesti esitettyä antennirakennetta voidaan hyödyntää myös diversiteettivastaanotossa, jossa
 25 monitie-edenneitä signaaleja vastaanotetaan useamman antennihaaran kautta, jolloin yhdistetyn signaalin kohinaa voidaan pienentää sekä häipymien ja interferenssin aiheuttamia häiriöitä vähentää. Tällöin vastaanotto voidaan suorittaa myös heikompitehoisesta signaalista, mikä puolestaan kasvattaa järjestelmän käyttäjäkapasiteettia. Edelleen parempilaatuinen
 30 vastaanottosignaali mahdollistaa datanopeuden lisäämisen. Diversiteettivastaanottoa on tyypillisesti käytetty tukiasemavastaanotossa, koska matkaviestimien tunnetuissa antenniratkaisuissa antennien välinen isolaatio ja diversiteettisuhde ovat tyypillisesti huonoja, jolloin myös diversiteettivastaanoton mahdollinen hyöty signaalien vahvistamiseksi on
 35 jäänyt minimaaliseksi. Sen sijaan nyt esitetyssä antennirakenteessa antennien välinen isolaatio on huomattavan suuri ja diversiteettisuhde taas vastaavasti

huomattavan pieni, mikä mahdollistaa antennirakenteen tehokkaan hyödyntämisen myös matkaviestimien diversiteettivastaanotossa.

Esimerkiksi kuvion 1 mukaisen antennirakenteen ensimmäisen ja toisen säteilijän väliset polarisaatiot muodostuvat lähes ortogonaalisiksi. Tällöin
 5 säteilijöiden välinen diversiteettisuhde muodostuu vastaavasti erittäin pieneksi. Esimerkiksi taajuudella 1950 MHz, jossa ensimmäisen säteilijän hyötysuhde on olennaisesti 50% ja toisen säteilijän hyötysuhde olennaisesti 75%, muodostuu säteilijöiden väliseksi diversiteettisuhteeksi olennaisesti 0,02. Täten
 10 tällainen antennirakenne soveltuu erittäin hyvin hyödynnettäväksi diversiteettivastaanotossa.

Kuviossa 6 esitetään lohkokaaavana eräs edullinen suoritusmuoto diversiteettivastaanoton toteuttamiseksi. Kuvion 6 mukaisessa lohkokaaaviossa antenni A1 vastaa kuvion 1 ensimmäistä säteilijää 120 ja vastaavasti antenni A2 vastaa kuvion 1 toista säteilijää 130. Antenni A1 on kytkimen S kautta
 15 järjestetty vastaanottamaan (RX) molempien GSM-taajuuksien mukaista tiedonsiirtoa. Lisäksi antenni A1 on kytkimen S kautta järjestetty lähettämään (TX) molemmilla GSM-taajuuksilla, EGSM 900 ja GSM 1900, vahvistinlohkon Amp1 vahvistamia signaaleja. Edelleen antenni A1 toimii WCDMA 2000-järjestelmän vastaanotossa ensimmäisenä diversiteettihaarana (RX1), joka
 20 vastaa pääasiallisesti WCDMA 2000-vastaanotosta. Kun matkaviestin käyttää jompaa kumpaa GSM-taajuusaluetta, ohjataan kytkimellä S aikajakoisesti tapahtuvaa lähetyksen ja vastaanoton vaihtumista kyseisellä taajuusalueella. Jos taas käytössä on WCDMA 2000-järjestelmä, on kytkin S kaiken aikaa suljettuna ja vastaanottosignaali suodatetaan oikealle taajuuskaistalle
 25 kaistanpäästösudattimella BPF1.

Antenni A2 on järjestetty lähettämään vahvistimen Amp2 kautta syötettävää WCDMA 2000 signaalia. Lisäksi antenni A2 toimii WCDMA 2000-järjestelmän vastaanotossa toisena diversiteettihaarana (RX2), joka vastaa
 30 toissijaisesti WCDMA 2000-vastaanotosta. Koska antenni A2 on sovitettu WCDMA 2000-järjestelmän sekä lähetykseen että vastaanottoon, tarvitaan lähetinhaaran ja vastaanottohaaran välille dupleksisuodatin DPF. Tämän dupleksisuodattimen ominaisuudet eivät kuitenkaan ole läheskään niin kriittiset kuin jos kaikki WCDMA 2000-järjestelmän toiminnallisuudet (RX/TX) olisi eriytetty antenniin A2. Näin diversiteettivastaanotto voidaan edullisesti
 35 toteuttaa pienempikokoisen, suodatusominaisuuksiltaan vaatimattomamman dupleksisuodattimen avulla ja samalla saavuttaa yllä kuvattuja

diversiteettivastaanoton etuja. Diversiteettivastaanotto voidaan edullisesti toteuttaa myös GSM-järjestelmässä, jolloin GSM-vastaanotto tapahtuu molempien antennien A1 ja A2 kautta.

Edellä olevissa suoritusmuodoissa on havainnollisuuden vuoksi
5 käytetty esimerkkeinä erilaisia GSM- ja WCDMA-järjestelmiä, joita voidaan edullisesti soveltaa keksinnön mukaisen antennirakenteen yhteydessä. Alan ammattimiehelle on kuitenkin ilmeistä, että keksinnön mukaisella antennirakenteella saavutettavaa erittäin suurta isolaatiota voidaan hyödyntää myös minkä tahansa muun langattoman tiedonsiirron yhteydessä, jossa
10 lähetystä ja vastaanottoa tapahtuu samanaikaisesti olennaisesti samalla tai vierekkäisillä taajuusalueilla. Näin ollen keksinnön mukaista antennirakennetta voidaan edullisesti soveltaa esimerkiksi hajaspektritekniikkaa käyttävässä langattomassa lähiverkkojärjestelmässä IEEE 802.11b ja aikajakotekniikkaa käyttävässä langattomassa Bluetooth-järjestelmässä, jotka molemmat toimivat
15 2400 – 2483,5 MHz:n taajuusalueella. Taajuusalueiden päällekkäisyydestä huolimatta molemmat järjestelmät voidaan edullisesti kytkeä keksinnön mukaiseen antennirakenteeseen. Edelleen esimerkiksi GPS-satelliittipaikannukseen käytettävän antennin ja eri solukkomatkaviestinjärjestelmien antennien välillä tulee olla suuri isolaatio, vaikka GPS-järjestelmän taajuusalue (1227/1575 MHz) ei olekaan
20 päällekkäinen yleisesti käytettyjen solukkomatkaviestinjärjestelmien kanssa.

Alan ammattilaiselle on ilmeistä, että tekniikan kehittyessä keksinnön perusajatus voidaan toteuttaa monin eri tavoin. Keksintö ja sen suoritusmuodot eivät siten rajoitu yllä kuvattuihin esimerkkeihin vaan ne voivat vaihdella patenttivaatimusten puitteissa.
25

Patenttivaatimukset

1. Antennirakenne (100), joka käsittää ainakin yhden maatasen (110), ainakin ensimmäisen ja toisen säteilijän (120, 130), jotka säteilijät sijaitsevat etäisyyden päässä maatasosta ja jotka molemmat säteilijät on
5 sovitettu muodostamaan ainakin yhden resonanssitaajuuden ainakin yhden taajuuskaistan muodostamiseksi, ja eristekerroksen mainitun maatasen ja mainittujen säteilijöiden välissä, t u n n e t t u siitä, että

antennirakenne käsittää lisäksi erilliset syöttöpisteet (124, 134) mainituille ainakin kahdelle säteilijälle,
10 mainitut säteilijät on maadoitettu maapisteellä (122, 132) maatasoon, ja

ainakin ensimmäinen mainituista säteilijöistä on sovitettu muodostamaan ainakin kaksi taajuuskaistaa, joista ainakin yksi taajuuskaista on ainakin osittain päällekkäinen mainitun toisen säteilijän muodostaman
15 ainakin yhden taajuuskaistan kanssa, ja

jossa antennirakenteessa ainakin ensimmäinen säteilijä on muodostettu uratasoantenniksi siten, että mainittujen säteilijöiden kytkeytyminen toisiinsa ainakin mainitulla osittain päällekkäisellä taajuusalueella vältetään olennaisesti.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen antennirakenne, t u n n e t t u siitä, että mainittujen säteilijöiden välinen isolaatio ainakin mainitulla osittain päällekkäisellä taajuusalueella on olennaisesti enemmän kuin 10 dB, edullisesti yli 20 dB.

3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen antennirakenne,
25 t u n n e t t u siitä, että

mainittujen säteilijöiden väliset polarisaatiot ovat olennaisesti ortogonaalisia siten, että mainittujen säteilijöiden välinen diversiteettisuhde ainakin mainitulla osittain päällekkäisellä taajuusalueella on olennaisesti lähes nolla.

4. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen antennirakenne,
30 t u n n e t t u siitä, että

ensimmäinen mainituista säteilijöistä on sovitettu muodostamaan ainakin kolme taajuuskaistaa, käsittäen ainakin yhden alemman taajuuskaistan ja ainakin kaksi ylemmää taajuuskaistaa.

5. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen antennirakenne,
35 t u n n e t t u siitä, että

ainakin yksi ylempi ensimmäisen säteilijän taajuuskaista on sovitettu ainakin osittain päällekkäiseksi mainitun toisen säteilijän muodostaman ainakin yhden taajuuskaistan kanssa.

6. Radiolaite, joka käsittää antennirakenteen (100) radiotaajuisen
 5 signaalin välittämiseksi, joka antennirakenne käsittää ainakin yhden maatasen (110), ainakin ensimmäisen ja toisen säteilijän (120, 130), jotka säteilijät sijaitsevat etäisyyden päässä maatasosta ja jotka molemmat säteilijät on sovitettu muodostamaan ainakin yhden resonanssitaajuuden ainakin yhden taajuuskaistan muodostamiseksi, ja eristekerroksen mainitun maatasen ja
 10 mainittujen säteilijöiden välissä, t u n n e t t u siitä, että

antennirakenne käsittää lisäksi erilliset syöttöpisteet (124, 134) mainituille ainakin kahdelle säteilijälle,

mainitut säteilijät on maadoitettu maapisteellä (122, 132) maatasoon,

15 ainakin ensimmäinen mainituista säteilijöistä on sovitettu muodostamaan ainakin kaksi taajuuskaistaa, joista ainakin yksi taajuuskaista on ainakin osittain päällekkäinen mainitun toisen säteilijän muodostaman ainakin yhden taajuuskaistan kanssa,

ainakin ensimmäinen säteilijä on muodostettu uratasoantenniksi
 20 siten, että mainittujen säteilijöiden kytkeytyminen toisiinsa ainakin mainitulla osittain päällekkäisellä taajuusalueella vältetään olennaisesti, ja

ainakin mainitulla osittain päällekkäisellä taajuusalueella tapahtuva radiotaajuisten signaalien samanaikainen lähetys ja vastaanotto on eriytetty mainittuihin ensimmäiseen ja toiseen säteilijään.

25 7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen radiolaite, t u n n e t t u siitä, että

ainakin mainitulla osittain päällekkäisellä taajuusalueella samanaikaisesti lähetettävät ja vastaanotettavat radiotaajuiset signaalit on sovitettu suodatettavaksi kaistanpäästösuodattimella, ylipäästösuodattimella
 30 tai alipäästösuodattimella.

8. Patenttivaatimuksen 6 tai 7 mukainen radiolaite, t u n n e t t u siitä, että

mainittu ensimmäinen säteilijä on sovitettu lähettämään ja vastaanottamaan aikajakoista radiotaajuista signaalia, kuten GSM-signaalia, ja
 35 vastaanottamaan taajuusjakoista radiotaajuista signaalia, kuten WCDMA-signaalia, ja

mainittu toinen säteilijä on sovitettu lähettämään taajuusjakoista radiotaajuista signaalia, kuten WCDMA-signaalia.

9. Patenttivaatimuksen 6 tai 7 mukainen radiolaite, t u n n e t t u siitä, että

5 mainittu ensimmäinen säteilijä on sovitettu lähettämään ja vastaanottamaan aikajakoista radiotaajuista signaalia, kuten GSM-signaalia, ja lähettämään taajuusjakoista radiotaajuista signaalia, kuten WCDMA-signaalia, ja

10 mainittu toinen säteilijä on sovitettu vastaanottamaan taajuusjakoista radiotaajuista signaalia, kuten WCDMA-signaalia.

10. Patenttivaatimuksen 8 tai 9 mukainen radiolaite, t u n n e t t u siitä, että

myös mainittu toinen säteilijä on sovitettu lähettämään ja vastaanottamaan aikajakoista radiotaajuista signaalia, kuten GSM-signaalia.

15 11. Jonkin patenttivaatimuksen 6 - 10 mukainen radiolaite, t u n n e t t u siitä, että

radiolaite käsittää kytkinvälineet aikajakoisen radiotaajuisen signaalin ja taajuusjakoisen radiotaajuisen signaalin lähetyksen ja vastaanoton kytkemiseksi.

20 12. Radiolaite, joka käsittää antennirakenteen (100) radiotaajuisen signaalin välittämiseksi, joka antennirakenne käsittää ainakin yhden maatasen (110), ainakin ensimmäisen ja toisen säteilijän (120, 130), jotka säteilijät sijaitsevat etäisyyden päässä maatasosta ja jotka molemmat säteilijät on sovitettu muodostamaan ainakin yhden resonanssitaajuuden ainakin yhden
25 taajuuskaistan muodostamiseksi, ja eristekerroksen mainitun maatasen ja mainittujen säteilijöiden välissä, t u n n e t t u siitä, että

antennirakenne käsittää lisäksi erilliset syöttöpisteet (124, 134) mainituille ainakin kahdelle säteilijälle,

30 mainitut säteilijät on maadoitettu maapisteellä (122, 132) maatasoon,

ainakin ensimmäinen mainituista säteilijöistä on sovitettu muodostamaan ainakin kaksi taajuuskaistaa, joista ainakin yksi taajuuskaista on ainakin osittain päällekkäinen mainitun toisen säteilijän muodostaman ainakin yhden taajuuskaistan kanssa,

ainakin ensimmäinen säteilijä on muodostettu uratasoantenniksi siten, että mainittujen säteilijöiden kytkeytyminen toisiinsa ainakin mainitulla osittain päällekkäisellä taajuusalueella vältetään olennaisesti, ja

- ainakin mainitulla osittain päällekkäisellä taajuusalueella tapahtuva
5 radiotaajuisten signaalien samanaikainen vastaanotto on sovitettu suoritettavaksi diversiteettivastaanottona ensimmäisen ja toisen säteilijän avulla.

13. Patenttivaatimuksen 6 tai 12 mukainen radiolaite, t u n n e t t u siitä, että

- 10 mainittujen säteilijöiden väliset polarisaatiot ovat olennaisesti ortogonaalisia siten, että mainittujen säteilijöiden välinen diversiteettisuhde ainakin mainitulla osittain päällekkäisellä taajuusalueella on olennaisesti lähes nolla.

14. Jonkin patenttivaatimuksen 6 - 13 mukainen radiolaite,
15 t u n n e t t u siitä, että

- radiolaite on matkaviestin, jossa matkaviestimen tukemiksi järjestelmiksi ja mainittujen säteilijöiden taajuuskaistoiksi on sovitettu ainakin jokin seuraavista: EGSM 900 (880-960MHz), GSM 1800 (1710-1880MHz), GSM 1900 (1850-1990MHz), WCDMA 2000 (1920-2170MHz), US-GSM 850
20 (824-894MHz), US-WCDMA 1900 (1850-1990MHz) ja US-WCDMA 1700/2100 (Tx 1710-1770 MHz, Rx 2110-2170 MHz).

(57) Tiivistelmä

Radiolaite ja antennirakenne, joka käsittää maatason, ensimmäisen ja toisen säteilijän, jotka molemmat on sovitettu muodostamaan ainakin yhden resonanssitaajuuden ainakin yhden taajuuskaistan muodostamiseksi. Antennirakenne käsittää lisäksi erilliset syöttöpisteet molemmille säteilijöille, jotka on maadoitettu maatasoon. Ensimmäinen säteilijä on sovitettu muodostamaan ainakin kaksi taajuuskaistaa, joista ainakin yksi taajuuskaista on ainakin osittain päällekkäinen toisen säteilijän muodostaman ainakin yhden taajuuskaistan kanssa. Lisäksi ainakin ensimmäinen säteilijä on muodostettu uratasoantenniksi siten, että säteilijöiden kytkeytyminen toisiinsa ainakin osittain päällekkäisellä taajuusalueella vältetään olennaisesti.

(Kuvio 1)

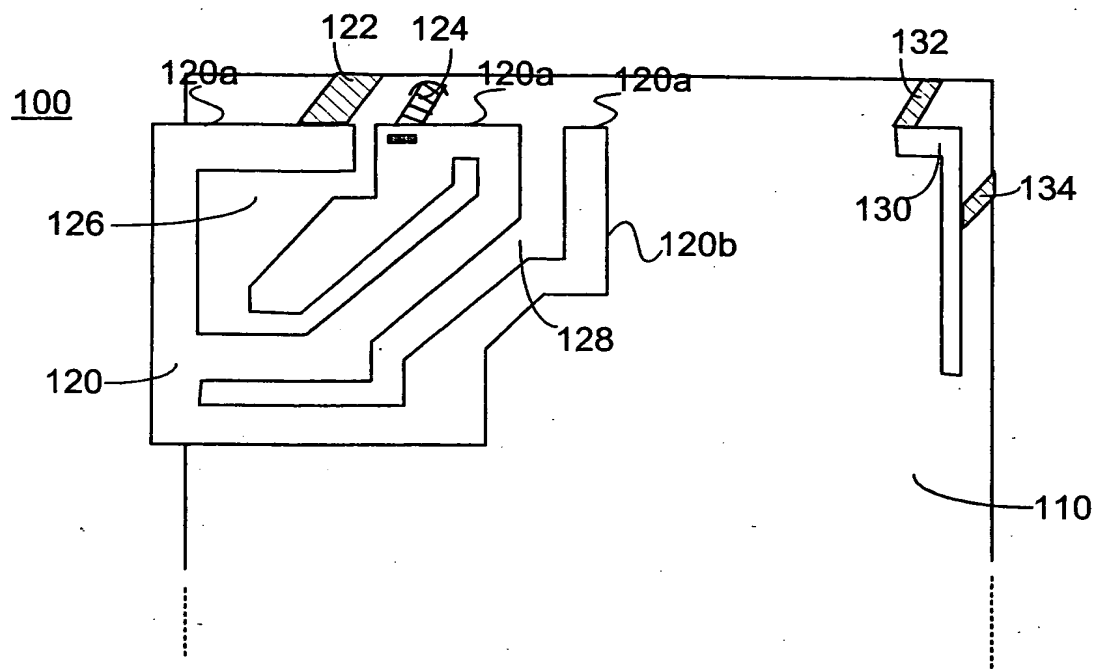


Fig. 1

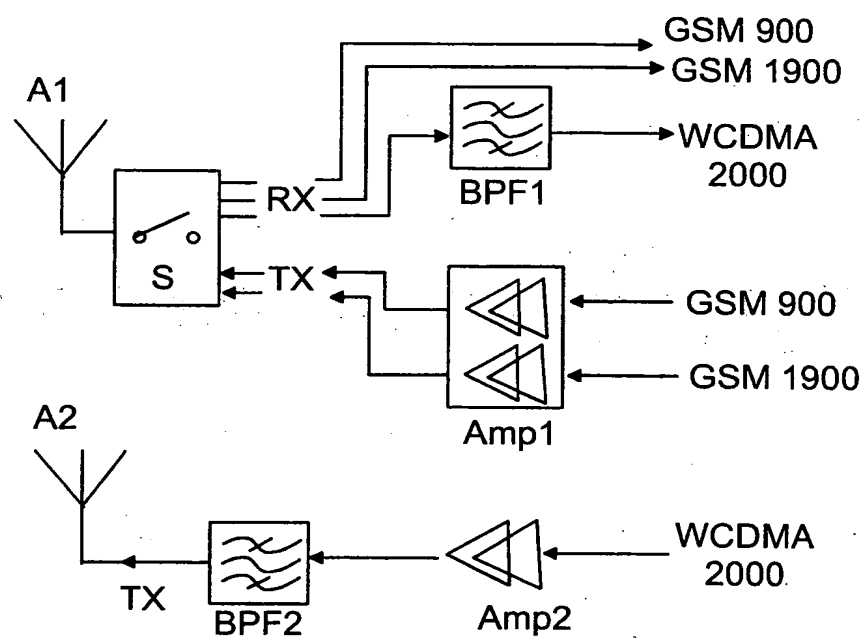


Fig. 2

25

2

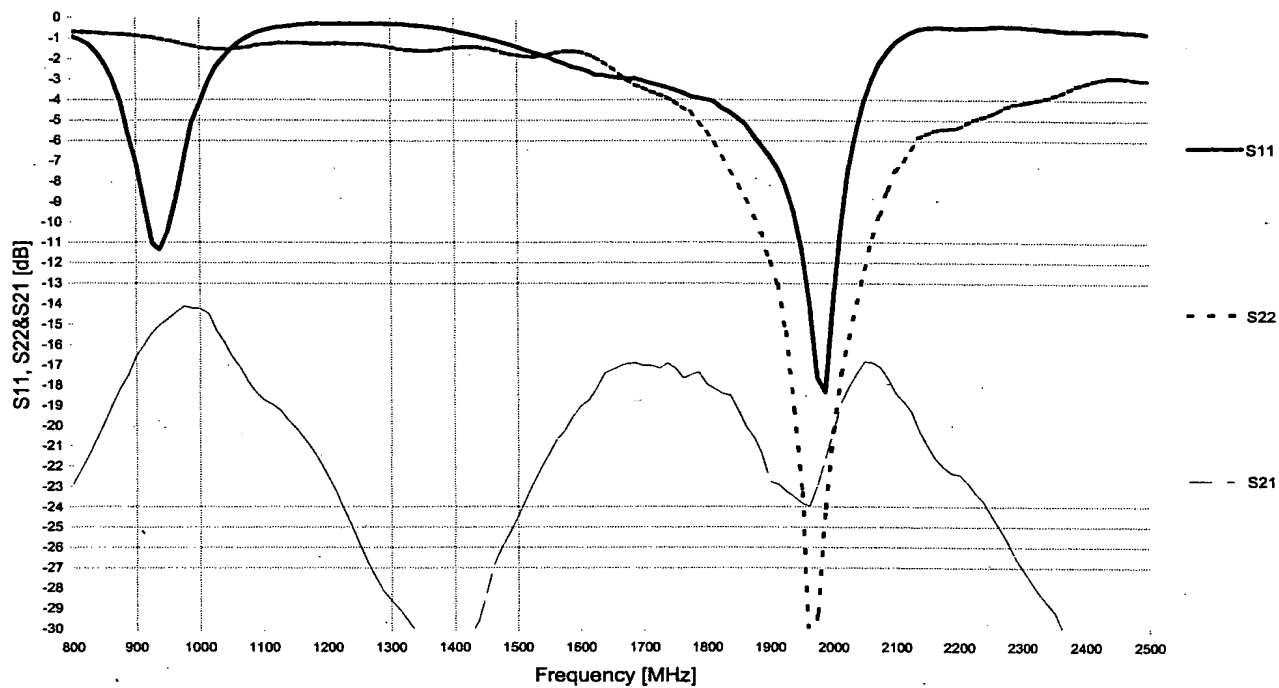


Fig. 3a

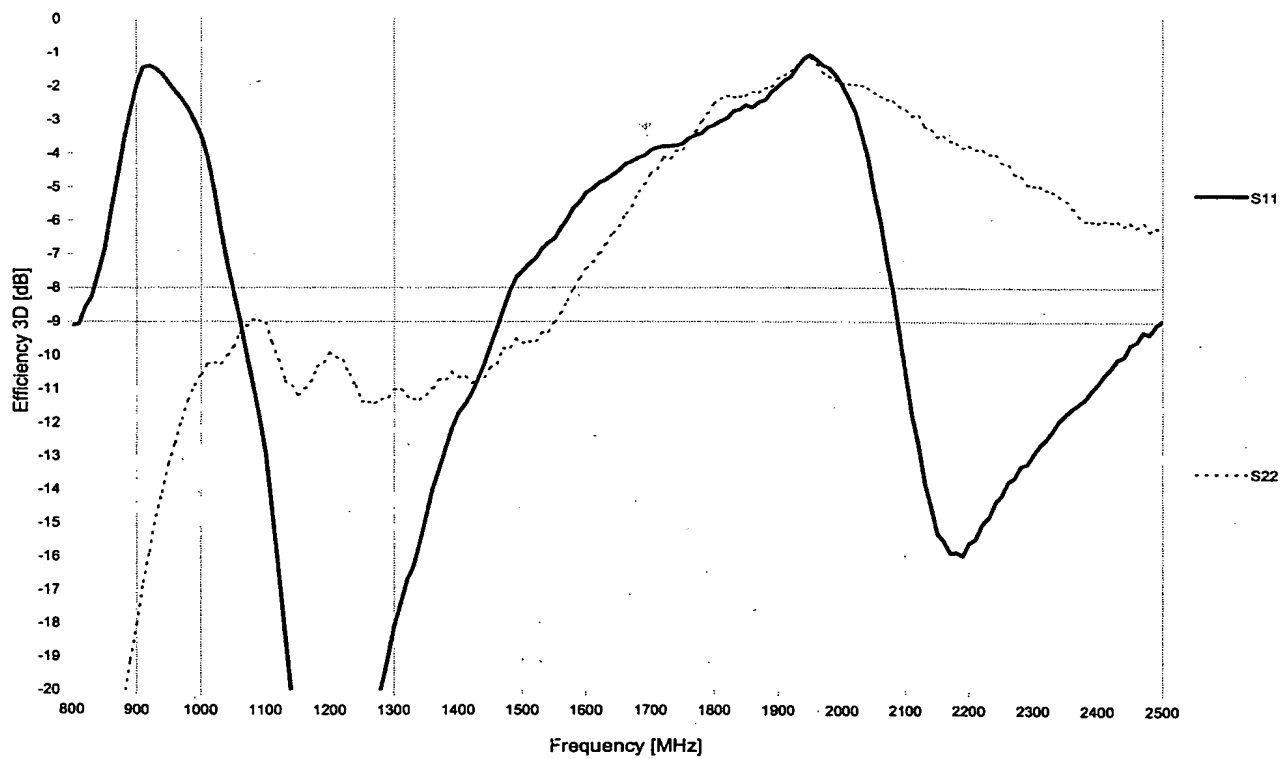


Fig. 3b

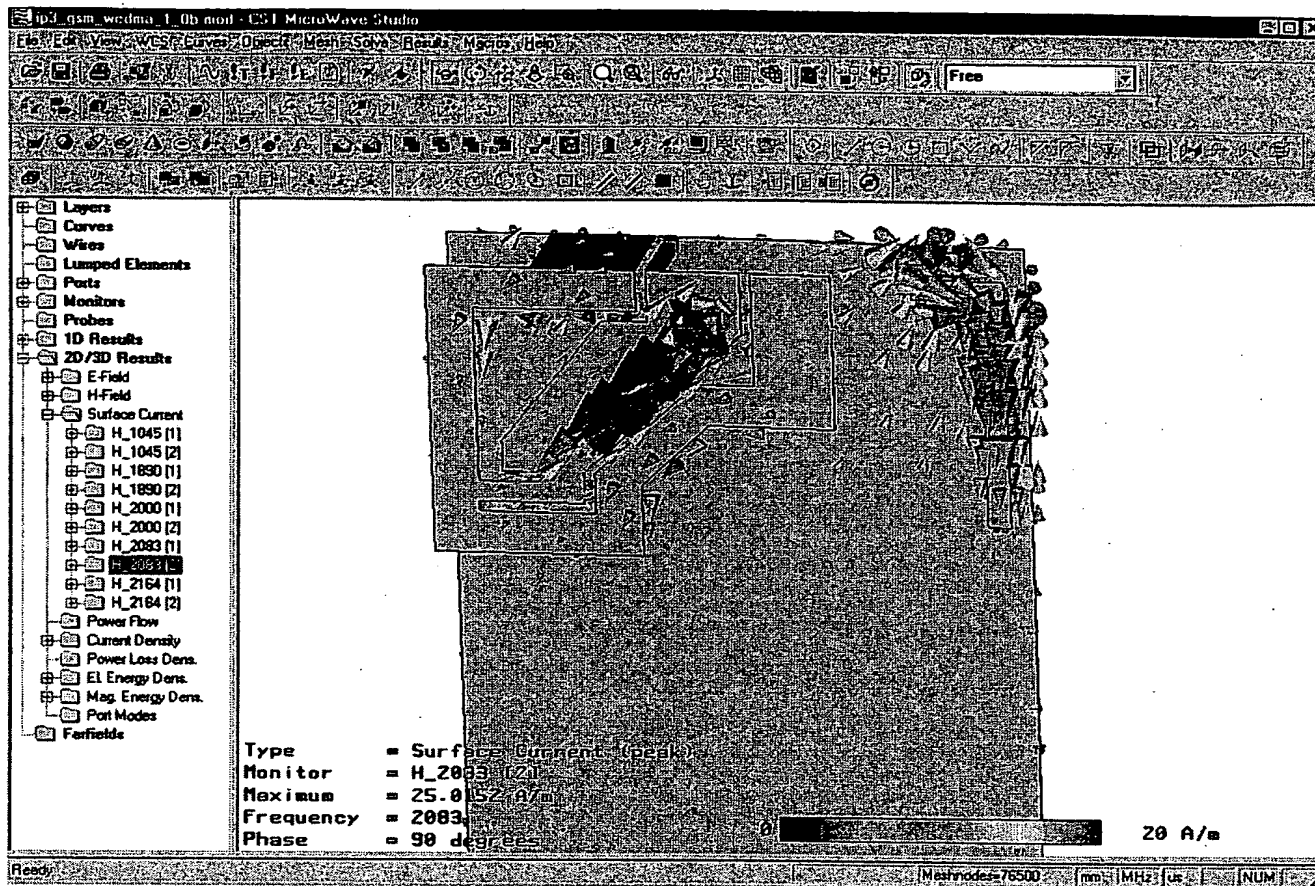


Fig. 4

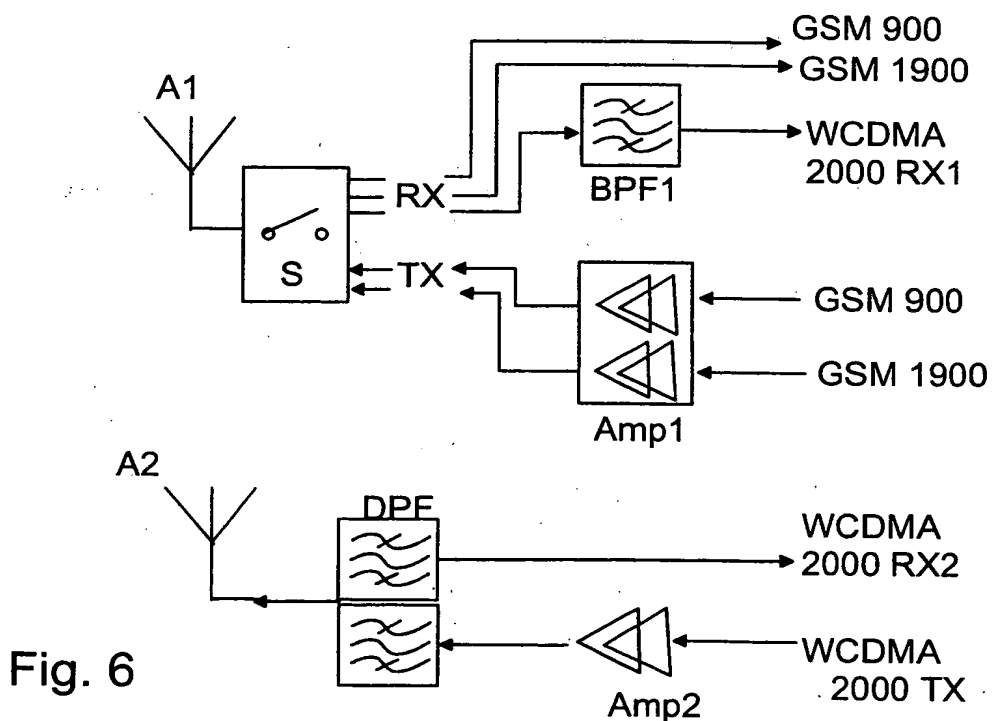


Fig. 6

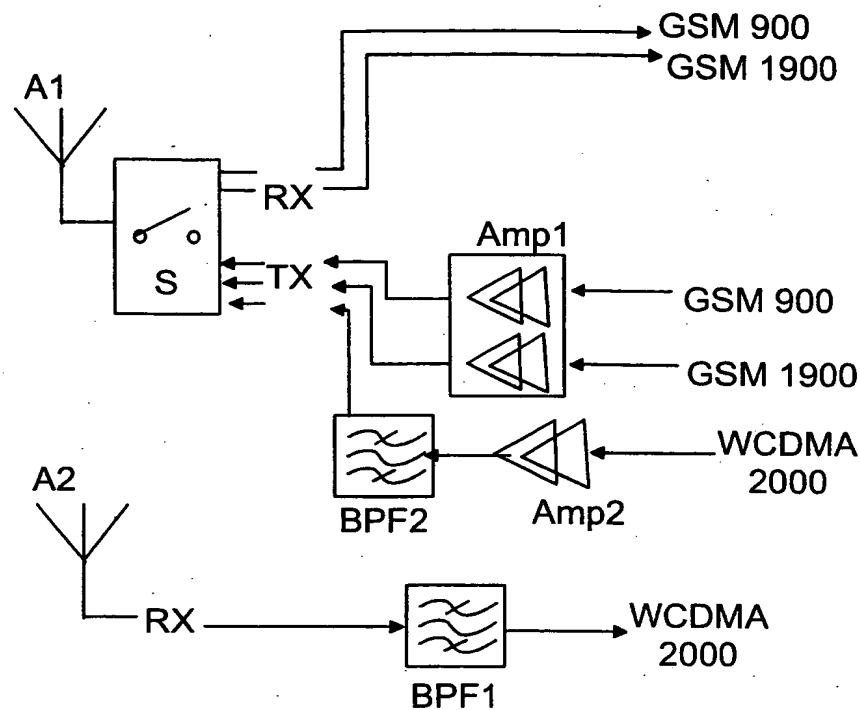


Fig. 5a

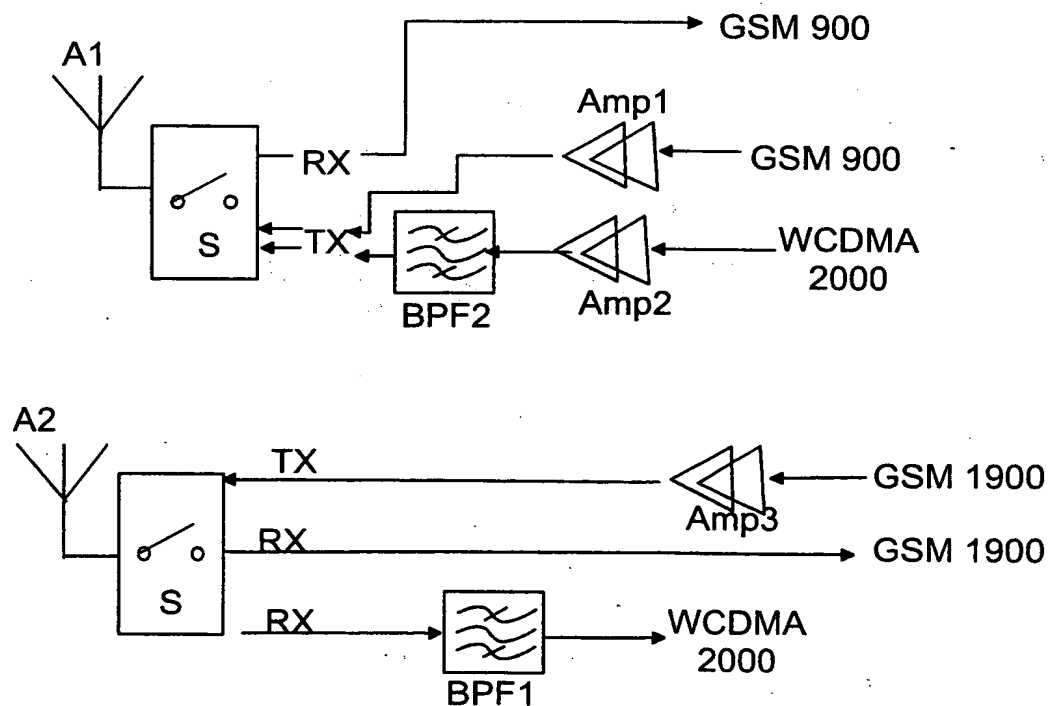


Fig. 5b